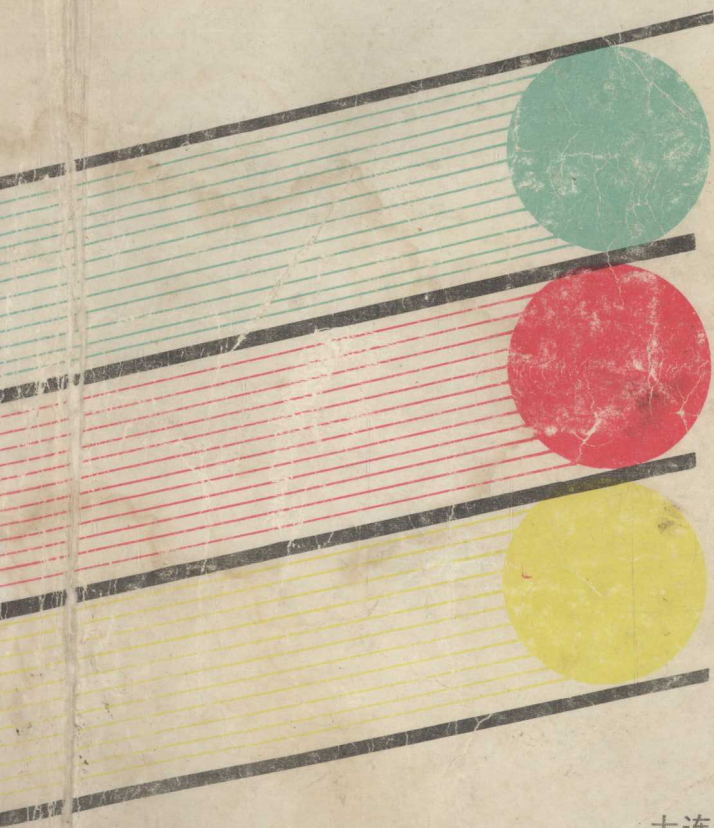


海上交通工程

吴兆麟 编著



大连海运学院出版社

海上交通工程

吴兆麟 编著

大连海运学院出版社

(辽)新登字 11 号

内 容 简 介

本书是一本系统论述海上交通工程这门新兴交叉学科的著作。书中反映了国内外海上交通研究的全面成果,介绍了海上交通工程学的基本原理、原则和方法,以及这门学科的基本知识。本书的内容涉及对海上交通系统的认识,海上交通调查工作及后继的交通实况分析和船舶行为研究,对海上交通事故的统计分析,船舶交通安全评价,船舶交通管理和船舶交通管理系统,以及船舶定线和船舶交通模拟。全书贯穿着系统工程、安全工程观点与航海技术的有机结合,定性分析和定量分析的结合。

本书可作为航海院校师生的教学用书,亦可供水上安全监督管理部门与港口航运单位工作人员参考。

海 上 交 通 工 程

吴兆麟 编著

* * * * *
责任编辑:洪 源 封面设计:王 艳

* * * * *
大连海运学院出版社出版、发行
大连理工大学出版社印刷厂印装

* * * * *
开本:850×1168 1/32 印张:10.75 字数:270 千
1993 年 3 月第 1 版 1993 年 3 月第 1 次印刷

* * * * *
印数:0001~1700 定价:3.20 元

ISBN 7-5632-0566-7/U·112

前 言

为了向国内同行系统地介绍海上交通工程这门新学科的知识,我于1986年7月编印了《海上交通工程概述》一书。1989年3月,我又参考国内外新的文献资料,对该书作了修改和充实,改名为《海上交通工程概论》,作为大连海运学院本科生、研究生及培训班的教材。为了适应院内外课程学习和工作参考之需要,现又对该书进一步修订,改名为《海上交通工程》,交付大连海运学院出版社正式出版。

从我1982年由国家公派去英国进修而初次了解到海上交通工程这门新学科的知识起,至今已有十一个春秋。这门新学科在国际上有很大的发展。我国也从对这门新学科鲜为人知发展到许多人对这门新学科已比较熟悉。我国的海上交通工程专家学者在近几年中取得了不少的研究成果,为在我国发展这门新学科作出了可喜的贡献。同时,海上交通工程学的知识和研究成果对增进我国的水上交通安全、增进交通效率及提高水上交通安全管理水平发挥了相当大的作用。这是“知识就是力量”、“科学技术是第一生产力”的又一典型实例。在这种背景和形势下,本书得以正式出版,作者的心情不言而喻。

在再次修订本书时,作者力图在有限的篇幅内尽量吸收国内外海上交通工程学的最新资料,对这门学科的基本原理、原则和方法作出科学合理的叙述,并尽可能反映国内、国外同行以及本人在海上交通工程这门学科内的研究成果。由于本人的水平有限且修订工作仓促,凡书中不妥之处,仍请读者指正。

吴兆麟

1993年3月

目 录

绪 论.....	(1)
第一章 海上交通要素.....	(9)
第一节 海上交通的概念.....	(9)
第二节 船舶与驾驶人员特性	(12)
第三节 海上交通环境	(19)
第二章 海上交通调查	(22)
第一节 海上交通调查概述	(22)
第二节 海上交通观测	(24)
第三节 航海模拟器试验	(33)
第四节 查阅资料和发放调查表	(39)
第三章 海上交通实况	(45)
第一节 船舶密度及其分布	(45)
第二节 船舶航迹分布	(49)
第三节 交通流	(57)
第四节 船舶速度分布	(63)
第五节 交通量	(66)
第六节 船舶交通的统计特性	(73)
第七节 交通容量	(87)
第四章 船舶行为	(92)
第一节 船舶行为研究概述	(92)
第二节 船舶领域	(99)

第三节	船舶领域模型的发展	(108)
第四节	动界	(115)
第五节	会遇	(117)
第六节	避碰行为	(124)
第五章	海上交通事故	(141)
第一节	交通事故调查	(141)
第二节	碰撞事故统计分析	(148)
第三节	搁浅触礁事故统计分析	(165)
第四节	海上碰撞危险	(171)
第六章	船舶交通模拟	(181)
第一节	船舶交通模拟概述	(181)
第二节	航海模拟器模拟	(185)
第三节	船舶交通计算机模拟	(190)
第七章	船舶交通安全评价	(199)
第一节	安全评价概述	(199)
第二节	船舶交通安全评价	(208)
第八章	船舶交通管理	(219)
第一节	交通管理的基本概念	(219)
第二节	交通管理的功能	(225)
第三节	交通规则	(229)
第四节	交通信息与决策	(231)
第五节	船舶报告系统	(235)
第六节	航行警告与航行通告	(241)
第七节	交通管理程度与交通管理分级	(244)
第八节	交通管理的效益	(251)
第九章	船舶定线	(254)
第一节	船舶定线的历史沿革	(254)
第二节	船舶定线制	(257)

第三节	船舶定线制的规划与设计·····	(256)
第四节	分道通航制的设计·····	(272)
第十章	船舶交通管理系统·····	(284)
第一节	船舶交通管理系统的发展与现状·····	(284)
第二节	船舶交通管理系统的管理者与管理对象·····	(293)
第三节	船舶交通管理系统的功能·····	(301)
第四节	船舶交通管理系统程序·····	(308)
第五节	船舶交通管理系统的规划·····	(314)
附录	国际海事组织《船舶交通服务系统(VTS)指南》···	(317)
参考文献	·····	(329)

绪 论

一、早期的海上交通研究

海上交通的历史很悠久,远比铁路和空中交通早,也许比道路交通还要早,原始社会的人类就曾用原始形式的船——独木舟和筏渡过河流和海峡。然而,从系统地研究交通的历史来看,海上交通研究却落后于道路、铁路和空中交通。其主要原因也许是由于海上交通的范围相对之大和海上交通工具的数目相对之少,使得一切交通的共性问题——交通效率和交通安全(反过来说,是交通堵塞和交通事故)在海上交通方式上反映得不太突出。

自18世纪工业革命起,世界各国经济大规模发展。国内水运量和国际贸易的扩大导致海上交通量的增长和船舶的大型化、快速化。海上交通繁忙景象的另一面就是海上交通事故不断发生且损失日益惨重。1912年4月英国大西洋邮船Titanic号在处女航中与冰山相撞而沉没,造成全船1500余人死于非命,使全世界航运界大为震惊。海上交通研究一开始就将注意力集中在海上交通安全上,直至今日这一重点仍未转移。

概括地说,早期的海上交通研究主要反映在两方面:其一,研究制定海上避碰规则,避免或减少船舶之间的碰撞事故;其二,推荐与指定海上交通路线,减少或避免船舶之间或船与航海障碍物(冰山、水雷、礁石和沉船等)的碰撞。1840年伦敦引航公会就将陆地道路上靠右行走的习惯做法纳入汽船航行规则,要求汽船在狭水道中靠右行驶。1854年法国货船Vesta号在雾中撞沉美国邮船Arctic号,造成300余名旅客和船员丧生,激发一位美国人首次提出船舶在大海上分隔东、西向行驶的建议。海上避碰和船舶定线是

早期海上交通研究的两大课题,目前仍然是海上交通研究的主要课题。

二、系统研究海上交通的开端

第二次世界大战结束以后,特别是在 50 年代中,世界各国经济逐渐复苏并随即迅速发展。海上运输的发展是经济发展和贸易扩大的必然结果。船舶数目猛增,船舶尺度因装载原油、谷物和矿砂等大宗货物而大幅度增加,速度更快的新型专用船舶诸如集装箱船、滚装船陆续投入营运。海上交通出现船舶密度高、会遇率和事故率增加、事故损失因船舶大型化而导致的货损、船损和油污损失大得惊人。最早引起人们关注的海上交通繁忙、事故频发区域是英吉利海峡和多佛尔海峡,据统计当时该处发生的碰撞事故几乎占全世界碰撞事故总数的一半。在 1956 年西班牙的 Garcia-Frias 首先提出现代的通航分隔制的建议以后,法国的 Robichon 和 Oudet 分别在 1958 年和 1959 年提出多佛尔海峡通航分隔制的方案。1960 年比利时的 Poll 第一次对多佛尔海峡的交通作了系统的分析,得到的结果是:多佛尔海峡交通流量为每天 800~1 000 艘,其中 60% 是过境船舶。1961 年英国、法国和原联邦德国的航海学会成立第一个通航分隔工作小组,以多佛尔海峡的通航分隔制为主题开始对海上交通进行系统的调查分析研究。荷兰的 Wepster 也积极参与该项研究。1976 年世界上第一个通航分隔制在多佛尔海峡实行,改善了交通流,减少了碰撞事故。这是现代海上交通系统研究获得极大成功的范例。

与此同时,以海运为基础的日本经济在 60 年代也得到迅速发展。日本水域船舶密度大,小船多,海上船舶碰撞事故也相应增多,促使人们加强对海上交通实况的调查研究。日本的山口等人于 1963 年率先对海上交通情况进行实际调查。随后,藤井、丰田和榊等也成立了海上交通调查小组,采用目测和雷达摄影等方法调查观测。为协调和加强该项研究工作,日本于 1976 年成立了海上

交通工程学研究组。

与此同时,世界主要海运国家都在本国附近水域进行海上交通研究,但研究工作最系统、最广泛、最深入且取得较大成果的当数西欧和日本。比较起来,西欧的海上交通研究偏重专题和实用;日本的海上交通研究偏重系统性和理论。前者的研究成果推广到全世界并较快获得实际效益;后者的研究成果丰富了海上交通学科的内容和研究方法并具有较强的理论意义。

三、海上交通工程学的确立

随着海上交通系统研究的深入开展,各国都不约而同地借用(道路)交通工程的研究方法和手段来研究海上交通。(道路)交通工程这门学科是由汽车工业首先发达起来的美国于30年代创立的,随后在西欧和日本也进行这门学科的研究。交通流理论、交通模拟和控制在道路交通研究中比较成熟。日本较早地认识到道路交通和海上交通的共同性质,首先将海上交通研究归纳为一门学科,并命名为海上交通工程。1971年由藤井等在世界航运界中最有影响的英国皇家航海学会学术刊物《航海杂志》上发表题目为“海上交通工程”的综述论文;同年在日本出版世界上第一本海上交通工程专著《序说海上交通工程学》,介绍了日本的海上交通研究成果。海上交通的国际性必然导致或需要国际上的海上交通研究方法、内容和成果的相互交流。1972年5月英国皇家航海学会和英国皇家造船师学会在伦敦联合主办第一次国际海上交通工程学术会议。西欧各国与日本的学者相互交流了60年代以来各自从事海上交通研究的成果,并以这一次国际会议正式宣告海上交通工程这一新兴学科的客观存在。正如该会议论文集的第一篇综述论文“海上交通工程介绍”的第一段文字所述:“海上交通工程是一个较新的课题;甚至许多与船舶设计和操作有关的人员似乎还不知道它的存在。举行这第一次海上交通工程会议,表明了它确实存在。再从各论文作者和其他与会者来自全世界范围来看,它还是具

有国际性质的。”

在此之后，西欧和日本的海上交通研究进一步广泛深入开展，其研究成果有力地促进了船舶交通的动态管理的加强和船舶交通管理系统(VTMS 或 VTS)的迅速建立。1981 年日本藤井弥平、卷岛勉和原诘合著的《海上交通工学》系统地反映了日本 70 年代海上交通研究的成果，较为完整地勾划出海上交通工程学的内容体系。在西欧，虽无海上交通工程的专著出版，但在航海学术刊物上刊登了大量海上交通研究的学术论文。因此，可以认为海上交通工程这门新学科是在 70 年代确立的。当然这门新学科尚未发展成熟，不能与(道路)交通工程这门成熟的学科等同相论。

四、海上交通工程的定义、内容和研究方法

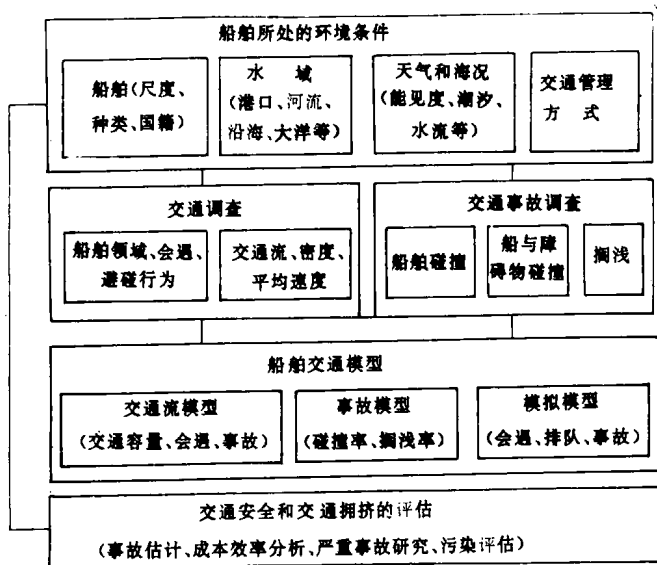
什么是海上交通工程？尚无举世公认的定义。海上交通工程的内容或范围组成部分如何？各国学者对此认识也不相同。由于海上交通涉及方方面面，而从事海上交通研究的人员出身、经历和职业不同，具体研究的课题、思路和方法也不同，故认识不一致是可以预料的。归纳各种认识可以获得以下几个共同点：

- 海上交通工程是工程科学的一个分支；
- 海上交通工程的研究对象是海上交通；
- 海上交通工程的研究方法基本上借鉴于(道路)交通工程；
- 海上交通工程的研究目的主要是增进交通安全(减少交通事故)和提高交通效率(防止交通阻塞)。

英国运输和道路研究所所长 Silverleaf 在第一次国际海上交通工程学术会议上按照(道路)交通工程的定义归纳了海上交通工程的定义：海上交通工程是海上交通的研究及其研究成果在改善航行设施和交通管制上的应用，其目的是使海上运输安全与高效。

日本电子航法研究所所长藤井弥平认为：海上交通工程是以交通调查的结果为基础，进而对船舶行为的总体即海上交通作出

定量的表述。他认为船舶交通研究的范围如下：



藤井等合著的《海上交通工学》一书的内容包括海上交通要素、交通调查、海上交通事故、海上交通的避让操纵、航路计划和海上交通管理等。

美国海岸警卫队 Price 海军中将将海上交通工程的组成部分归纳为船舶的操纵能力，现有的及规划的港口、航道和岸上设施的使用，港口、航道、岸上设施的布置和设计三个方面。

海上交通工程的研究方法可以概括为：调查—分析—应用—再调查。海上交通工程的基础是海上交通实况调查和海上交通事故调查。接着采用统计、分析和模拟方法研究处理调查所得到资料和数据，发现存在的交通问题并找出解决这些问题的方法。随后将研究成果应用于交通控制和管理中去，以便改善海上交通。在此基础上再进行调查以检验所采取措施的实际效果和发现新的问题，

进入下一个循环。实质上,这和其他学科一样,都是人们在不断变化的自然中反复认识自然、改造自然的循环过程,海上交通的规模、水平、安全、效率由此一步步地发展和提高。

五、船舶交通管理(系统)的研究

船舶交通的存在必然导致船舶交通管理的产生与发展。我国的船舶交通管理可以追溯到公元前 6 世纪隋朝修建大运河时建立的交通管理法规系统。然而,传统的船舶交通管理主要是静态的管理,即运用交通规则从宏观上管理船舶交通。动态的船舶交通管理也存在,如采用灯号、旗号和音响信号等手段控制船舶交通,但局限性很大。

船舶无线电通信技术的发展使海上船舶的动态管理发展到一个新阶段。正如荷兰学者 Wepster 所说,几百年来船舶在海上随意地驶来驶去,很少有相互影响,管理和控制只在上几代海员心中;那种“海上自由”可解释成“上帝老大,船长老二”;但自从发明无线电通信以来,那种日子一去不复返了;船东可以通过电报调度和管理船舶。现代雷达技术、通信技术和计算机技术的迅猛发展,加上海上交通研究的丰硕成果,使得现代的船舶交通的动态管理进入到更高级的阶段。

从 1948 年英国在利物浦墨西(Mersey)港建立世界上第一个配备港口监测雷达站的船舶交通管理系统以来,世界各主要港口、水道和沿海船舶交通密集区域已建成 300 多个各种类型的船舶交通管理系统。这些系统大都配备先进的岸基监测雷达、通信设备、计算机数据处理设备、信息传输和显示设备。根据交通管理法规的规定,现代的船舶交通管理系统与现代的声光交通控制设备相结合,对船舶交通从宏观上和微观上实施有效的动态管理,为船舶交通服务,有力地增进了交通安全,并提高了交通效率,对防止船舶污染海域也发挥了重要作用。

为了在国际上统一船舶交通管理的原则和做法,1985 年国际

海事组织第 14 次大会通过了第 578 号决议《船舶交通服务(VTS)指南》。这份重要文件为世界各国实施船舶交通管理和建立船舶交通管理系统提供了有益的指导和科学的标准。

船舶交通管理是海上交通研究的重要课题,也是海上交通工程的重要组成部分。为了实施全面有效的船舶交通管理,就必须进行海上交通的各方面研究;而进行海上交通研究的目的也主要是为了加强和改善船舶交通管理。在世界各航运国家中,“船舶交通管理(系统)”一词要比“海上交通工程”一词更广为人知。

为了交流和反映海上交通研究特别是船舶交通管理方面的研究成果,国际上已召开了一系列学术研讨会,即

- | | | |
|--------|--------------|-----------------------|
| 1972 年 | 英国伦敦 | (第一届)国际海上交通工程学术会议 |
| 1976 年 | 荷兰海牙 | (第二届)国际海上交通系统学术会议 |
| 1978 年 | 英国利物浦 | 第三届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |
| 1981 年 | 原联邦德国
不来梅 | 第四届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |
| 1984 年 | 法国马赛 | 第五届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |
| 1988 年 | 瑞典哥德堡 | 第六届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |
| 1992 年 | 加拿大温哥华 | 第七届国际船舶交通服务(VTS)学术研讨会 |

1983~1986 年西欧 13 个国家联合进行了世界上规模和投资最大的海上交通科研项目(COST301),对西欧海域船舶交通及船舶交通管理系统进行了全面深入的研究,其研究成果对世界各国船舶交通管理系统的规划、论证和建设产生了重大影响。

六、我国的海上交通研究

由于我国的海上交通研究起步较晚,与西欧、日本和北美相

比,在研究的广度和深度及其成果上都有不小的差距。在改革开放的 80 年代,海上交通运输事业的发展很快,沿海主要港口的船舶交通管理系统相继建立,促进了我国的海上交通研究。特别是在“七·五”期间,国外海上交通研究尤其是船舶交通管理系统的研究的成果在国内得到系统介绍和广泛传播,一系列国家的和横向委托的海上交通科研项目在我国陆续设题并顺利完成。

我国专家学者在船舶交通实志调查分析、船舶交通管理系统论证、船舶交通计算机模拟、船舶定线制、海上交通安全评估和预测等方面取得了不少科研成果。这些成果大都在我国船舶交通管理系统的建设和我国海上交通安全监督管理的实际工作中得到运用,并在国际学术会议上交流。这些研究成果也为海上交通工程新学科在我国的建立和发展起到了重要作用。我国专家学者的海上交通工程学著作陆续问世。海上交通工程学已成为我国航海类学科中的一个新兴的交叉学科。

第一章 海上交通要素

第一节 海上交通的概念

一、海上交通的定义

交通(Traffic)一词意指人与交通工具的运动,如人在路上行走,车在道路或铁路上行驶,船在水上航行,飞行器在空中飞行等。交通(Traffic)一词有别于运输(Transport)一词,运输一词意指人与物的输送,如人将物或交通工具将人和物从一个地方运送到另一个地方。然而人们常用交通运输(Transportation)一词泛指人与交通工具的运动和人与物的输送。就运动和输送的路线与空间而言,它包括道路、铁路、水上、空中和管道五种交通运输方式。由于海上(或水上)的交通(或交通运输)工具是船舶,因此,人们将船舶在海上的运动称为海上交通(Marine Traffic)或船舶交通(Vessel Traffic)。这两个词含义相同。

作为海上交通工程学的研究对象或船舶交通管理中的管理对象来说,海上交通或船舶交通有其确定的含义。荷兰从事海上交通研究的著名学者 Wepster 曾将海上交通定义为“指定区域内单个船运动的组合(Combination of individual ship movement in a specified area)”。这定义基本上被西欧十几个海运国家的海上交通工程专家学者普遍接受,故西欧十几个国家共同完成的重大海上交通科研项目(COST301)主报告第一卷(概念和定义)中指出:“海上交通可被认为是在给定海域(或空间)内发生的,使用这一空间的所有船舶的运动。”日本著名海上交通工程学者藤井则认为:“船舶

行为的总体(Ship behaviours as a mass)’就是船舶交通。

分析上述两种定义的差异,Wepster 的定义似乎是从海上交通的宏观特征考虑的,而藤井的定义似乎是从海上交通的微观细节考虑的,因为 Wepster 曾致力于多佛尔海峡的交通流和船舶定线制的研究,而藤井对船舶避碰行为的研究颇有建树(在国际上首先提出船舶领域的概念与模型)。

综括世界各国海上交通工程学者的研究内容与成果,将海上交通或船舶交通定义为指定区域内船舶运动的组合与船舶行为的总体,似乎更为确切些。

鉴于国内一些人对海上交通工程这门学科尚不太了解,故需要强调指出:船舶交通不是指运动的船舶,而是指船舶的运动;船舶交通不是指某一艘船的运动或行为,而是指某一区域内所有船舶的运动或单个船运动的组合或船舶行为的总体。因此,所谓船舶交通管理,就海上交通工程学意义上来说,管理对象不是船舶,而是交通。

二、海上交通的分类

海上交通在交通方式和交通空间上与道路交通等其他交通有所不同,相对说来要复杂些。因此,在研究某一给定区域的海上交通时,要将整个海上交通划分成不同的类别进行研究。由于不同类型区域的海上交通都有其各自的特点,需要在研究中区别对待。概括地说,按水域类型分:有港口船舶交通、水道船舶交通和沿海船舶交通等。因为港口是水上交通的枢纽,所以港口船舶交通比其它水域的船舶交通优先加以考虑,即在研究上更为重视。船舶交通管理首先实施于港口,如英国利物浦港是建立世界上第一个船舶交通管理系统(引进港口雷达站和船岸无线电话系统)的水域。

然而,重要的水道和沿海水域的船舶交通也一直是人们研究的重点,如英吉利海峡和东京湾等。研究港口船舶交通时,人们往往将进口船舶交通与出口船舶交通分别加以研究。特别是统计港